

IDENTIFIKASI BAHAN BANGUNAN DAN DAMPAKNYA SEBAGAI BAHAN PENCEMAR

oleh :
Putu Aryastana

ABSTRACT

Current development progress is making increased need for building materials. With the increased need for building materials, the new technology emerged in the manufacture of building materials. Natural building materials such as water, wood, stone, sand, soil, bamboo, palm fiber, etc., do not contain chemicals that can harm human health. Some building materials contain chemicals that give negative impact to the environment and humans. To avoid mistakes the selection of building materials is necessary to identify the kind of building materials as a contaminants to the environment and human health. To identify the building materials that give negative impact on the environment and human health conducted by the literature studies. Based on the results obtained some building materials that give a negative impact such as limestone, cement, gypsum, asbestos, building materials containing formaldehyde and building materials containing lead. Negative impacts are land degradation, decreased water quality, reduction in air quality, irritation, respiratory distress, brain damage, cancer, until death.

Key words: building materials, contaminants, negative impact

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai negara berkembang Indonesia tidak luput dengan kegiatan pembangunan, misalnya pembangunan perumahan, gedung-gedung bertingkat dikota-kota ataupun membuka daerah baru, sebagai jawaban dari perkembangan masyarakat sendiri. Pembangunan yang dilakukan tentu membutuhkan bahan bangunan untuk memenuhi kebutuhan

dari konstruksi bangunan tersebut. Konstruksi gedung mempunyai efek yang cukup signifikan pada lingkungan alam. Konstruksi, operasional dan penghancuran bangunan bertanggung jawab pada beberapa pengaruh yang terjadi pada alam seperti emisi gas efek rumah kaca, turunnya kualitas udara, kurangnya aliran air tanah dan berkurangnya sumber daya alam.

Teknologi bangunan berkembang sangat pesat tahun-tahun terakhir dengan

perubahan yang sangat penting termasuk peningkatan pemakaian bahan bangunan seperti baja, beton dan kayu, peningkatan produk-produk baru seperti fiber-beton bertulang dan plastic reinforced wood dan pengembangan teknologi baru seperti geotextiles (Richardson, 1988 dalam (Siagian, 2005)). Pengembangan bahan-bahan yang inovatif ini tidak disertai dengan pemakaian bahan-bahan tersebut pada bangunan baru sebab para perancang dan kontraktor ragu-ragu untuk mencoba bahan-bahan baru tersebut, hal ini disebabkan jika terjadi suatu kesalahan akan mengakibatkan kerugian biaya yang cukup besar. Sehingga pemilihan material bangunan sangat terbatas sekali dan monoton.

Oleh karena itu diperlukan suatu pengetahuan dalam memilih bahan bangunan yang berbahaya bagi lingkungan dan manusia. Untuk itu diperlukan adanya identifikasi tentang bahan bangunan dan dampaknya sebagai zat pencemar.

1.1 Permasalahan

Berdasarkan uraian pada latar belakang di atas, maka permasalahan yang dirumuskan adalah apa saja jenis bahan bangunan dan dampaknya yang membahayakan lingkungan dan manusia?

1.2 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penulisan jurnal ini adalah untuk mengetahui jenis-jenis bahan bangunan serta dampaknya yang membahayakan lingkungan dan manusia. Sehingga dapat dijadikan sebagai acuan dalam memilih bahan bangunan untuk membangun.

BAB II RANCANGAN KEGIATAN

Metode yang digunakan dalam penulisan paper ini adalah studi literatur. Dengan melakukan kajian dari artikel, berita, skripsi, karya tulis ilmiah serta tulisan-tulisan lain yang berkaitan dengan bahan bangunan dan pencemarannya. Secara sistematis metode dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Alur Metode Penulisan

BAB III **HASIL DAN PEMBAHASAN**

3.1. Zat Pencemar

Bahan-bahan kimia yang kehadirannya dalam lingkungan hidup dapat menyebabkan terganggunya kesejahteraan hidup manusia, hewan maupun tumbuh-tumbuhan disebut bahan pencemar atau zat pencemar. Sebagai sumber utama terjadinya pencemar adalah (Lutfi, 2004):

1. Proses-proses alam, antara lain pembusukan secara biologis, aktivitas gunung berapi, terbakarnya semak-semak, dan halilintar.
2. Pembuatan/aktivitas manusia, seperti:
 - * Hasil pembakaran bahan bakar yang terjadi pada industri dan kendaraan bermotor.
 - * Pengolahan dan penyulingan bijih tambang mineral dan batubara.
Pengolahan dan penyulingan bijih tambang mineral dan batubara.
 - * Proses-proses dalam pabrik.
 - * Sisa-sisa buangan dari aktivitas-aktivitas tersebut di atas.

3.2. Bahan Bangunan

Perkembangan pembangunan dewasa ini ditandai dengan peningkatan macam-macam bahan bangunan dan munculnya bahan bangunan baru. Keadaan tersebut memungkinkan berbagai ragam alternatif pemilihan bahan bangunan guna mengkonstruksikan gedung. Maraknya penemuan bahan bangunan baru juga ditandai dengan kesadaran terhadap ekologi lingkungan dan fisika bangunan. Ilmu bahan bangunan biasanya menggolongkan bahan bangunan sebagai berikut (Frick, ?):

1. Bahan bangunan alam, yang merupakan bahan bangunan yang disediakan atau terdapat di alam. Bahan bangunan alam dapat dibagi menjadi dua yaitu bahan bangunan anorganik contohnya adalah batu alam (batu kali, kerikil, kapur), air, tanah (pasir, lempung, liat), dan lain sebagainya. Dan juga bahan bangunan organik seperti kayu, bambu, ijuk, alang-alang.
2. Bahan bangunan buatan, bahan bangunan yang dibuat melalui suatu proses yaitu dengan cara dibakar, dilebur, dicampur, dikempa/dipres, dicetak atau dengan proses kimia. Beberapa contoh bahan bangunan buatan adalah batu

bata, genting, kaca, batako, *coneblock*, plastik, kertas, cat, dan lain-lain.

3. Bahan bangunan logam yaitu bahan bangunan yang terbuat dari bahan

logam. Seperti dari logam mulia (emas, perak), logam setengah mulia (air raksa, nikel, kobalt), logam besi (besi, baja), dan logam non besi (aluminium, kuningan dan perunggu).

Tabel 3.1 Klasifikasi Bahan Bangunan

Klasifikasi bahan secara ekologis	Contoh bahan
Bahan bangunan yang dapat dibudidayakan kembali	kayu, bambu, rotan, rumbia, serabut kelapa, ijuk, kulit kayu, kapas, kapok, wol
Bahan bangunan alam yang dapat digunakan kembali	tanah, tanah liat, lempung, tras, kapur, batu kali, batu alam
Bahan bangunan buatan yang dapat didaur ulang	limbah, potongan, sampah, ampas, bahan bungkus (kaleng, botol), mobil bekas
Bahan bangunan yang mengalami perubahan transformasi sederhana	batu merah, <i>conblock</i> , batako, genting, bis beton, semen, beton tanpa tulangan
Bahan bangunan yang mengalami beberapa tingkat perubahan transformasi	plastik, damar epoksi, produk petrokimia yang lain
Bahan bangunan komposit	beton bertulang, pelat serat semen, cat kimia, perekat

Sumber : (Frick, ?)

3.3 Bahan Bangunan dan Dampaknya sebagai Zat Pencemar

Pemilihan material untuk bangunan memang perlu diperhatikan, terutama yang berhubungan dengan lingkungan dan kesehatan manusia. Untuk itu diperlukan adanya pengetahuan tentang jenis, sifat dari bahan bangunan yang berbahaya. Beberapa bahan bangunan yang menimbulkan dampak sebagai zat pencemar adalah sebagai berikut:

3.3.1 Batu Kapur

Batu kapur adalah batuan sedimen berjenis khusus yang terbentuk dari kerangka hewan-hewan kecil lautan. Batu kapur (*gamping*) dapat terjadi secara organik, secara mekanik, atau secara kimia. Batu kapur dapat berwarna putih susu, abu muda, abu tua, coklat bahkan hitam, tergantung keberadaan mineral pengotornya (Sucipto, 2007).

Penggunaan batu kapur sudah beragam diantaranya untuk bahan-bahan campuran bangunan, industri karet dan

Penggunaan batu kapur sudah beragam diantaranya untuk bahan-bahan campuran bangunan, industri karet dan ban, kertas, dan lain-lain. Batuan kapur ini sangat penting artinya sebagai bahan dasar dalam industri. Batuan kapur mempunyai sifat yang istimewa, bila dipanasi akan berubah menjadi kapur yaitu kalsium oksida (CaO) dengan terjadi proses dekarbonisasi (pelepasan gas CO_2) (Sucipto, 2007).

Dampak pemaparan debu yang melebihi ambang batas dan terus menerus dapat menurunkan fungsi faal paru berupa obstruktif. Akibat penumpukan debu yang tinggi di paru dapat menyebabkan kelainan dan kerusakan paru yang berarti. Penyakit akibat penumpukan debu pada paru disebut *pneumoconiosis* (Sucipto, 2007).

Efek utama debu kapur terhadap manusia berupa kelainan paru baik bersifat akut dan kronis, terganggunya fungsi fisiologis, iritasi mata, iritasi sensorik serta penimbunan bahan berbahaya dalam tubuh. Efek terhadap saluran pernafasan adalah terjadinya iritasi saluran pernafasan, peningkatan produksi lendir, penyempitan saluran pernafasan, lepasnya silia dan lapisan sel selaput lendir serta kesulitan bernafas (Sucipto, 2007).

3.3.2 Semen

Semen berasal dari kata latin "*caementum*" yang berarti perekat. Semen adalah hydraulic binder (perekat hidraulik), artinya senyawa-senyawa di

dalam semen dapat beraksi dengan air membentuk zat baru yang dapat mengikat benda-benda padat lainnya membentuk satu kesatuan massa yang kompak, padat, dan keras (Banerjea, 1980).

Komponen dasar semen adalah kalsium, silika, alumunium dan besi yang terikat dalam senyawa oksida. Semen buatan dibedakan menjadi dua kelompok besar, yaitu Semen Portland dengan kandungan kandungan oksida yang tinggi dan semen aluminat dengan kandungan oksida alumunium tinggi (Widjaja, 1992).

Berdasarkan bahan baku dan bahan bakar yang digunakannya serta proses produksi yang dilaluinya, maka semen mempunyai dampak penting untuk komponen-komponen lingkungan seperti diuraikan di bawah ini (Anonim, 2000):

1. Penurunan kualitas dari segi kesuburan tanah akibat penambangan tanah liat.
2. Kualitas air bertambah buruk akibat limbah cair dari pabrik semen.
3. Pencemaran udara akibat debu dan gas yang dihasilkan selama proses pengangkutan bahan dan pembakaran.
4. Gangguan pernapasan pada manusia, seperti: bronchitis, pharyngitis dan TBC paru serta *silicosis (pneumocosis)*, penyakit saluran pencernaan dan gangguan pada kulit.

Seperti telah dikemukakan di atas, ternyata semen memang menimbulkan dampak yang kurang menguntungkan bagi lingkungan. Sayang sekali tidak ada informasi tentang berapa besarnya (*magnitude*) dampak-dampak negatif ini (khususnya dalam kasus Indonesia), Padahal hal ini sangat penting untuk menjadi alasan bahwa semen memang harus dikenai cukai, karena dampak-dampak negatif tersebut seringkali berada di atas nilai ambang batas yang wajar (Anonim, 2000).

3.3.3 Asbes/Asbestos

Asbestos adalah bentuk serat mineral silika, termasuk dalam kelompok *serpentine* dan *amphibole* dari mineral-mineral pembentuk batuan, termasuk: *actinolite*, *amosite* (asbes coklat, *cummingtonite*, *grunnerite*), *anthophyllite*, *chrysotile* (asbes putih), *crocidolite* (asbes biru), *tremolite*, atau campuran yang sekurang-kurangnya mengandung salah satu dari mineral-mineral tersebut. Asbes dapat diperoleh dengan berbagai metode penambangan bawah tanah, namun yang paling umum adalah melalui penambangan terbuka (*open-pit mining*). Tambang asbes di Indonesia terdapat di (Anonim, 2011):

- * Kuningan (Jawa Barat)
- * Papua
- * Pulau Halmahera (Maluku)
- * Pulau Seram (Maluku)

Penggunaan asbes disesuaikan berdasarkan pembagian dapat atau tidaknya serat asbes dipintal yaitu (Anonim, 2005):

1. Serat asbes yang dipintal, digunakan untuk :
 - * Kopling, tirai dan layar, gasket, sarung tangan, kantong-kantong asbes, pelapis ketel uap, pelapis dinding, pakaian pemadam kebakaran, pelapis rem, ban mobil, bahan tekstil asbes, dan lain-lain.
 - * Alat pemadam api, benang asbes, pita, tali, alat penyambung pipa uap, alat listrik, alat kimia, gasket keperluan laboratorium, dan pelilit kawat listrik.
2. Serabut yang tidak dapat dipintal terdiri atas:
 - * Semen asbes untuk pelapis tanur dan ketel serta pipanya, dinding, lantai, alat-alat kimia dan listrik.
 - * Asbes untuk atap, kertas asbes untuk lantai dan atap, penutup pipa isolator-isolator panas dan listrik.
 - * Dinding-dinding asbes

untuk rumah dan pabrik, macam-macam isolasi, gasket, ketel, dan tanur.

- * Macam-macam bahan campuran lain yang menggunakan asbes sangat halus dan kebanyakan asbes sebagai bubuk.

Beberapa dampak yang disebabkan apabila manusia menghirup asbestos adalah *asbestosis*, kanker paru, dan *mesothelioma*. Kanker lain yang dikaitkan dengan paparan asbestos adalah kanker laring, esofagus, lambung, kolon-rektum, dan kemungkinan kanker pankreas (Anonim, 2011).

3.3.4 Gypsum

Gypsum merupakan bahan yang sering digunakan oleh masyarakat akhir-akhir ini selain harganya murah gypsum juga mudah dibentuk menjadi berbagai macam barang-barang rumah tangga. *Gypsum* juga merupakan bahan yang sangat mudah didapatkan di alam meskipun begitu terkadang dalam pengolahannya. *Gypsum* dapat menghasilkan beberapa zat-zat berbahaya dan dapat menimbulkan efek samping jangka panjang. *Gypsum* merupakan mineral yang sangat lembut yang tersusun dari *kalsium sulfate dehydrate*, yang memiliki rumus kimia $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Fovilia, 2010).

Menurut hasil penelitian, pada *Gypsum* terkandung Ra-226 dan Ra-228 yang dapat berubah menjadi Rn-222, dan apabila Rn-222 terhisap akan mengendap di dalam saluran pernafasan sehingga sebagian kecil radon akan mengendap di paru-paru. Sehingga akan berpotensi menimbulkan kanker paru-paru. Kanker paru-paru adalah pertumbuhan sel kanker yang tidak terkendali dalam jaringan paru yang dapat disebabkan oleh sejumlah karsinogen lingkungan. Kanker paru merupakan penyebab kematian utama dalam kelompok kanker baik pada pria maupun wanita. Lebih dari 90% kanker paru-paru berawal dari *bronki* (saluran udara besar yang masuk ke paru-paru) (Fovilia, 2010).

3.3.5 Bahan Bangunan Yang Mengandung Formaldehyde

Formaldehyde adalah suatu bahan kimia dengan rumus umum HCHO . Pada suhu normal dan tekanan atmosfer berbentuk gas tidak berwarna dengan berat molekul 30,03. Dalam perdagangan, umumnya berbentuk larutan yang dikenal dengan nama formalin atau formol, larutan *formaldehyde* dalam bentuk padat diperdagangkan dikenal sebagai *trioxane* $(\text{CH}_2\text{O})_3$, yaitu bentuk *polymer* *formaldehyde*, dengan *formaldehyde* 8 - 100 unit. Pada suhu diatas 150°C *formaldehyde* akan terdekomposisi menjadi metanol dan karbon monoksida (Naria,

2004). *Formaldehyde* atau formalin sangat berbahaya bila terhirup, mengenai kulit dan tertelan. Akibat yang ditimbulkan dapat berupa: luka bakar pada kulit, Iritasi pada saluran pernafasan, reaksi alergi dan bahaya kanker pada manusia (Thepatria, 2010).

3.3.6 Bahan Bangunan yang Mengandung Timbal

Timbal (*plumbum*/Pb) atau timah hitam adalah satu unsur logam berat yang lebih tersebar luas dibanding kebanyakan logam toksik lainnya. Kadarnya dalam lingkungan meningkat karena penambangan, peleburan dan berbagai penggunaannya dalam industri. Keracunan dapat berasal dari timbal dalam mainan, debu ditempat latihan menembak, pipa ledeng, pigmen pada cat, abu dan asap dari pembakaran kayu yang dicat, limbah tukang emas, industri rumah, baterai dan percetakan. Makanan dan minuman yang bersifat asam seperti air tomat, air buah apel dan asinan dapat melarutkan timbal yang terdapat pada lapisan mangkuk dan panci. Sehingga makanan atau minuman yang terkontaminasi ini dapat menimbulkan keracunan. Bagi kebanyakan orang, sumber utama asupan Pb adalah makanan yang biasanya menyumbang 100 – 300 ug per hari. Timbal dapat masuk kedalam tubuh manusia melalui pernafasan,

pemaparan maupun saluran pencernaan. Lebih kurang 90 % partikel timbal dalam asap atau debu halus di udara dihisap melalui saluran pernafasan (Durri, 2009).

Penyerapan di usus mencapai 5-15 % pada orang dewasa. Pada anak-anak lebih tinggi yaitu 40 % dan akan menjadi lebih tinggi lagi apabila si anak kekurangan kalsium, zat besi dan zinc dalam tubuhnya. Laporan yang dikeluarkan Poison Center Amerika Serikat menyatakan anak-anak merupakan korban utama ketoksikan timbal; dengan 49 % dari kasus yang dilaporkan terjadi pada anak-anak berusia kurang dari 6 tahun. Yang lebih mengkhawatirkan adalah efeknya terhadap kecerdasan (IQ) anak-anak, sehingga menurunkan prestasi belajar mereka, walaupun kadar timbal di dalam darah mereka tidak dianggap toksik (Durri, 2009).

Timbal (*plumbum*) beracun baik dalam bentuk logam maupun garamnya. Garamnya yang beracun adalah: timbal karbonat (timbal putih), timbal tetraoksida (timbal merah), timbal monoksida, timbal sulfide, timbal asetat (merupakan penyebab keracunan yang paling sering terjadi). Nilai ambang toksisitas timbal (*total limit values* atau TLV) adalah 0.2 miligram/m³. Ada beberapa bentuk keracunan timbal, yaitu keracunan akut, sub akut dan kronis (Durri, 2009).

1. Keracunan akut

Keracunan biasanya terjadi karena masuknya senyawa timbal yang larut dalam asam atau inhalasi uap timbal. Gejala-gejala yang muncul adalah mual, muntah, diare, vertigo, *wrist drop* dan *foot drop*.

2. Keracunan sub akut

Keracunan sub akut terjadi bila seseorang berulang kali terpapar racun dalam dosis kecil. Gejala-gejala yang muncul adalah kejang-kejang, koma, gelisah, lemas, depresi, gangguan pada urin dan pencernaan.

3. Keracunan kronis

Keracunan kronis dapat mempengaruhi sistem syaraf dan ginjal, sehingga menyebabkan anemia dan kolik, mempengaruhi *fertilitas*, menghambat pertumbuhan janin atau memberikan efek kumulatif yang dapat muncul kemudian.

BAB IV PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil identifikasi yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Bahan bangunan yang teridentifikasi sebagai zat

pencemar adalah batu kapur, semen, *gypsum*, asbes, bahan bangunan yang mengandung *formaldehyde* dan bahan bangunan yang mengandung timbal.

2. Dampak negatif yang ditimbulkan terhadap lingkungan dan manusia, antara lain: penurunan kualitas tanah, air dan udara, kelainan paru, iritasi mata, gangguan pernapasan, penyakit saluran pencernaan, gangguan pada kulit, asbestosis, mesothelioma, kanker paru, plak pleura, kanker usus, kanker tenggorokan, kanker pankreas, anemia, epilepsi, halusinasi, kerusakan otak, keguguran sampai kematian.

4.2 Saran

Dari hasil identifikasi yang telah dilakukan disarankan beberapa hal yang perlu dilakukan lebih lanjut, yaitu sebagai berikut:

1. Pilih bahan bangunan alami dan tidak mengandung bahan kimia seperti batu alam, tanah liat, batako, kayu, bambu, rumbia, ijuk, alang-alang, bata merah, genteng tanah, beton, batako, conblok.
2. Dalam membangun rumah

mohon diberi banyak ventilasi, agar sirkulasi udara menjadi lebih lancar.

3. Perlu adanya kajian terhadap reaksi-reaksi penyusun dari masing-masing bahan tersebut, sehingga diketahui kadar optimum yang memberikan dampak terhadap lingkungan dan manusia.

Melakukan kajian yang mendalam terhadap berbagai bahan bangunan lain yang juga terindikasi memberikan dampak terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (?). *Bahaya Asbestos pada Kesehatan Manusia*, (Artikel Kesehatan).
Retrieved April 18, 2011, from <http://fkunhas.com/bahaya-asbestos-pada-kesehatan-manusia-20100723437.html>.
- Anonim. (2000). *Kajian Terhadap Semen Sebagai Calon Barang Kena Cukai Dalam Rangka Ekstensifikasi Obyek BKC*.
Retrieved April 22, 2011, from <http://www.beacukai.go.id/library/data/Semen.htm>.
- Anonim. (2005). *Asbes (Artikel)*.
Retrieved April 16, 2011, from <http://www.tekmira.esdm.go.id/d/ata/Asbes/ulasan.asp?xdir=Asbes&commId=1&comm=Asbes>.
- Anonim. (2011). *Asbestos, Aplikasi dan Bahannya (Artikel Kesehatan)*.
Retrieved April 20, 2011, from <http://xa.yimg.com/kq/groups/1051902/1132263938/name/Bahaya+asbestos+rev+1.pdf>.
- Aryastana, P. 2011. *Identifikasi Bahan Bangunan dan Dampaknya Sebagai Bahan Pencemar*. Paper Pencemaran. Program Studi Ilmu Lingkungan. Universitas Udayana.
- Banerjea, H. N. (1980). *Technology of Portland Cement and Blended Cement*. Allahabad: Wheeler Publishing Ltd.
- Durri, A. A. (2009). *Timbal (Artikel)*.
Retrieved June 22, 2011, from <http://denirafli.blogspot.com/>.
- Fovilia. (2010). *Gypsum dan Dampaknya terhadap Kesehatan (Artikel)*.
Retrieved April 20, 2011, from <http://nonameface.wordpress.com/2010/02/04/gypsum-dan-dampaknya-terhadap-kesehatan/>.

- Frick, H. (?). *10 Patokan Untuk Rumah Ekologis Sebagai Rumah Sehat*. Retrieved April 25, 2011, from <http://www.lmbunika.com/PDF/StandardI.pdf>.
- Lutfi, A. (2004). *Pencemaran Lingkungan*. Indonesia: Departemen Pendidikan Nasional.
- Naria, E. (2004). *Resiko Pemajanan Formaldehid sebagai Bahan Pengawet Tekstil di Lingkungan Kerja*. Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara.
- Siagian, I. S. (2005). *Bahan Bangunan yang Ramah Lingkungan (Salah Satu Aspek Penting dalam Konsep Sustainable Development)*. Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara.
- Sucipto, E. (2007). *Hubungan Pemaparan Partikel Debu pada Pengolahan Batu Kapur terhadap Penurunan Kapasitas Fungsi Paru (Studi Kasus di Desa Karangdewa, Kecamatan Margasari, Kabupaten Tegal)*, (thesis). Semarang: Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro.
- Thepatria. (2010). *Mengenal Bahaya Formalin dan Pencegahannya (Artikel)*. Retrieved April 22, 2011, from <http://thepatria.wordpress.com/2010/07/05/mengenal-bahaya-formalin-dan-pencegahannya/>
- Widjaja, L. M. (1992). *Penilaian Dampak Debu di Lingkungan Kerja Pabrik Semen terhadap Paru Pekerja (Studi Kasus di Suatu Pabrik Semen)*, (thesis). Jakarta: Program Studi Kesehatan dan Keselamatan Kerja Fakultas Pasca Sarjana Universitas Indonesia.